

Determination of Heavy Metals (Pb, Cd, Zn and Cu) in Caspian kutum (*Rutilus frisii kutum*) from Miankaleh International Wetland and Human Health Risk

Mehdi Hassanpour¹,
Ghasem Rajaei²,
Mohammad Hosein Sinka Karimi^{3,4},
Fatemeh Ferdosian²,
Roghayeh Maghsoudloord²

¹ MSc in Environmental Health, Department of Environment, Provincial Directorate of Environment Protection, Golestan, Iran.

² Young Researchers Club, Gorgan Branch, Islamic Azad University, Gorgan, Iran

³ PhD Candidate of Environmental Health, Faculty of Natural Resources and Environmental Health, Islamic Azad University, Malayer Branch, Malayer, Iran

⁴ Young Researchers Club, Noor Branch, Islamic Azad University, Noor, Iran

(Received January 4, 2014 ; Accepted May 11, 2014)

Abstract

Background and purpose: The release of metals due to different natural and human activities, bioaccumulation, biological inseparability and toxicity, even in low densities, have caused serious threat to living creatures and human. This study evaluated the concentration of heavy metals including lead, cadmium, zinc and copper in edible tissues of Caspian Kutum (*Rutilus frisii kutum*) in Miankaleh International Wetland and the health risk resulted from consumption of this fish.

Material and Methods: During fishing season, 20 White fishes were collected from Miankaleh International Wetland with the permission of Environmental Protection organization. The densities of heavy metals in skin and muscles were determined using atomic absorption (Scientific Equipment GBS). Data was analyzed using SPSS V.16.

Results: The mean densities of lead, cadmium, zinc and copper in the skin were 3.4, 0.48, 40.55, and 3.3, respectively and 2.1, 0.39, 16.52, 4.5 microgram per gram of the wet weight in muscle tissues, respectively. A significant difference was seen in the concentration of heavy metals between the skin and the muscle tissue ($p < 0.01$). The observed EDI and EWI were found lower than the guidelines recommended by WHO and FAO.

Conclusion: According to this study the concentration of zinc and copper in whitefish were lower than the standard levels, so its consumption is not a threat to the health of consumers. However, the levels of cadmium and lead in edible tissues of whitefish were found higher than international levels. Hence, the pollutants of Miankaleh wetland (i.e. industrial and agricultural wastewater) should be highly controlled.

Keywords: heavy metals, Whitefish, risk assessment, Miankaleh

ارزیابی خطر غذایی فلزات سرب، کادمیوم، مس و روی ناشی از مصرف ماهی سفید

مهدی حسن پور^۱
قاسم رجایی^۲
محمدحسین سینکا کریمی^{۳*}
فاطمه فردوسیان^۲
رقیه مقصودلوراد^۲

چکیده

سابقه و هدف: آزاد شدن فلزات به دلیل فعالیت‌های مختلف طبیعی و انسانی، تجمع زیستی، تجزیه‌ناپذیری زیستی و سمیت، حتی در غلظت‌های کم آن‌ها تهدیدی جدی برای موجودات و حتی انسان‌ها بوجود آورده است. هدف از مطالعه حاضر تعیین غلظت فلزات سنگین سرب، کادمیوم، روی و مس در بافت خوراکی (عضله و پوست) ماهی سفید به دست آمده از تالاب بین‌المللی میانکاله و همچنین ارزیابی خطر غذایی ناشی از مصرف آن‌ها بوده است.

مواد و روش‌ها: به منظور بررسی غلظت‌های فلزات سنگین ۲۰ قطعه ماهی سفید با مجوز سازمان محیط زیست از تالاب بین‌المللی میانکاله در فصل صید جمع‌آوری گردید. غلظت فلزات مورد مطالعه با استفاده از دستگاه جذب اتمی در بافت‌های پوست و عضله تعیین شد.

یافته‌ها: میانگین غلظت سرب، کادمیوم، روی و مس در بافت پوست به ترتیب $۰/۳۸ \pm ۰/۳۸$ ، $۰/۴۸ \pm ۰/۰۹$ ، $۰/۱۰ \pm ۰/۵۵$ ، $۰/۹۲ \pm ۰/۳۴$ و در بافت عضله به ترتیب $۰/۲۱ \pm ۰/۲۱$ ، $۰/۰۶ \pm ۰/۳۹$ ، $۰/۲۳ \pm ۱۶/۵۲$ و $۱/۱۰ \pm ۴/۵۴$ میکروگرم بر گرم وزن تر به دست آمد. نتایج میزان فلزات تفاوت معنی‌داری را بین بافت پوست و عضله نشان داد ($p < ۰/۰۱$). مقایسه میزان جذب روزانه و هفتگی فلزات با میزان مجاز ارائه شده توسط سازمان بهداشت جهانی و فائو نشان داد که میزان جذب شده پایین‌تر از حداکثر میزان قابل قبول توسط این سازمان‌ها می‌باشد.

استنتاج: مقایسه میزان فلزات در ماهی سفید مورد مطالعه با میزان‌های استاندارد نشان داد که میزان روی و مس در مقایسه با استانداردهای جهانی پایین‌تر بوده و به نظر می‌رسد از لحاظ بهداشتی مشکلی برای مصرف‌کنندگان خود ایجاد نمی‌کند. اما میزان فلزات کادمیوم و سرب بالاتر از استانداردهای جهانی به دست آمد، پیشنهاد می‌شود منابع آلاینده تالاب به این فلزات (پساب‌های کشاورزی و صنایع) که از طریق رودخانه وارد می‌شوند، به‌طور جدی تحت کنترل و مدیریت قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: فلزات سنگین، ماهی سفید، ارزیابی خطر

مقدمه

طبیعی در سطوح مختلف زمین و آب‌های سطحی وجود دارند. اگر میزان این فلزات کمی بیش از میزان طبیعی

آلودگی محیط زیست به فلزات سنگین تبدیل به یک پدیده جهانی شده است. فلزات سنگین به طور

E-mail: Ghasem.rajaei19@yahoo.com

مؤلف مسئول: قاسم رجایی - باشگاه پژوهشگران جوان، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران

۱. کارشناس ارشد محیط زیست، اداره کل محیط زیست استان گلستان، گرگان، ایران

۲. باشگاه پژوهشگران جوان، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران

۳. دانشجوی دکتری محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران

۴. باشگاه دانش پژوهان جوان، واحد نور، دانشگاه آزاد اسلامی، نور، ایران

* تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۰/۱۴ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات: ۱۳۹۲/۱۲/۶ تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۲/۲۱

شود با توجه به ثبات شیمیایی، تجزیه پذیری ضعیف و داشتن قدرت تجمع زیستی در بدن موجودات زنده به سرعت تبدیل به آلاینده‌های سمی می‌شوند. به طوریکه امروزه فلزات سنگین جزء مهم‌ترین آلاینده‌های منابع آبی زمین به شمار می‌آیند و حضور آلاینده‌های فلزات سنگین در موجودات زنده آبی گزارش شده است (۱). ورود فلزات سنگین به منابع آب از طرق مختلف و افزایش غلظت آن‌ها، باعث ایجاد مخاطراتی از قبیل مسمویت و سرطان‌زایی در بدن موجودات زنده می‌شود. دخالت‌های انسان در افزایش این فلزات در محیط به صورت‌های مختلف از جمله فاضلاب‌های شهری، صنعتی، کشاورزی، اکتشافات و استخراج معادن، مصرف سوخت‌های فسیلی می‌باشد (۲). به دلیل اثرات متعدد افزایش میزان فلزات سنگین از جمله کاهش رشد، تغییر رفتار، تغییر ژنتیک، سمیت فلزات سنگین، تجمع در زنجیره غذایی در اکوسیستم‌های آبی و بافت‌های مختلف آبزیان و اهمیت مسائل بهداشتی آن برای انسان‌ها، غلظت آن‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد. سن، وزن و جنسیت، عادات تغذیه‌ای، غلظت فلزات سنگین در آب و رسوبات و خواص فیزیکی و شیمیایی آب، از عوامل مؤثر در تجمع فلزات سنگین در بافت‌های مختلف ماهی می‌باشد (۳). به دلیل تأثیر تجمع فلزات سنگین بر زنجیره‌های غذایی ارگانیک‌های آبزیان، به همراه داشتن آسیب‌های اکولوژیکی، رفتاری، فیزیولوژیکی، متابولیکی ماهیان و در معرض خطر انداختن سلامت انسان‌ها، در سال‌های اخیر این موضوع مورد توجه قرار گرفته است. از این‌رو از ماهی‌ها به‌عنوان یک شاخص زیستی تأثیر آلودگی فلزات در اکوسیستم‌های آبی استفاده می‌شود، چرا که در بالای زنجیره غذایی بوده و به‌عنوان یک منبع غذایی منعکس کننده تأثیرات بهداشتی برای انسان می‌باشد (۴-۶). هم‌چنین از گونه‌های ماهی نیز برای ارزیابی بهداشت اکوسیستم‌های آبی استفاده می‌شود. لذا تعیین میزان باقی‌مانده‌های فلزات سنگین و سایر آلاینده‌های محیطی

در مواد غذایی مختلف و به دست آوردن اطلاعات کافی از وضعیت آلودگی در جهت بکارگیری روش‌های پیشگیرانه و ارائه استانداردها و قوانین مناسب ضروری است. مطالعات زیادی در رابطه با تجمع زیستی فلزات در ماهیان در اکوسیستم‌های آبی نقاط مختلف جهان انجام گرفته است. Turan و همکاران (۲۰۰۹) میزان فلزات کروم، کادمیوم، نیکل و روی را در بافت عضله دو گونه ماهی *Merlangius merlangius* و *Engraulis encrasicolus* در دریای سیاه به ترتیب برابر با 0.144 ± 0.05 ، 0.074 ± 0.02 ، 0.192 ± 0.01 و 0.124 ± 0.01 میکروگرم در گرم گزارش نمودند (۷). Kuznetsova و همکاران (۲۰۰۲) میزان فلزات روی، مس و سرب را در بافت ماهیچه ماهی‌های *Rutilus rutilus* و *Perca fluviatilis* در دریاچه بایکال را به ترتیب 2.8 ± 1.1 ، 2.2 ± 0.06 ، 0.33 ± 0.04 و 0.22 ± 0.06 میکروگرم در گرم اعلام کردند (۸). هدف از مطالعه حاضر تعیین میزان فلزات روی، سرب، کادمیوم و مس در بافت خوراکی (عضله و پوست) ماهی سفید (*Rutilus frisii kutum*)، مقایسه آن با استانداردهای بین‌المللی و در نهایت ارزیابی خطر غذایی ناشی از مصرف آن برای مصرف‌کنندگان بوده است. در مطالعه حاضر ماهی سفید به دلیل مصرف و محبوبیت بالا در بین ساکنین نواحی شمالی کشور و سری فلزات روی، سرب، کادمیوم و مس به دلیل اهمیت و پراکنش زیاد در تالاب بین‌المللی میانکاله انتخاب شد.

مواد و روش‌ها

به منظور نشانگر بودن مناسب نمونه‌ها، ۲۰ قطعه ماهی سفید با اخذ مجوز از سازمان محیط زیست از تالاب بین‌المللی میانکاله صید شد. موقعیت تالاب بین‌المللی میانکاله در تصویر شماره ۱ نشان داده شده است. نمونه‌های ماهی پس از صید به آزمایشگاه منتقل شدند و پس از کدگذاری، بیومتری شده و سپس توسط ترازوی

در هوای محیط قرار داده شد تا سرد شوند. در پایان با استفاده از آب دیونیزه نمونه‌ها را به حجم ۲۵ میلی لیتر رسانده و سپس محلول‌های به حجم رسانده شده توسط کاغذ صافی واتمن (۰/۴۵ میکرومتر) فیلتر شدند (۹). محلول استاندارد هر فلز از محلول ppm ۱۰۰۰ آن فلز متعلق به شرکت Chem-lab کشور بلژیک تهیه شد. اندازه‌گیری غلظت فلزات مورد مطالعه با استفاده از دستگاه جذب اتمی Analytik jena مدل ContrAA ۷۰۰ در آزمایشگاه مرکزی گروه محیط زیست دانشگاه ملایر انجام شد. برای به دست آوردن صحت دستگاه، محلول استاندارد سه بار تکرار شد. حد تشخیص دستگاه برای قرائت فلز سرب ۰/۸۱ ppb و صحت آن ۹۹ درصد، برای فلز کادمیوم ۰/۶۷ ppb و صحت آن ۹۹ درصد، برای فلز مس ۰/۲۱ ppm و صحت آن ۹۹ درصد و برای فلز روی ۰/۵۰ ppm و صحت آن ۹۸ درصد به دست آمد.

تخمین جذب روزانه و هفتگی فلزات توسط افراد مصرف‌کننده:

میزان جذب روزانه و هفتگی فلزات در اثر مصرف غذا ارتباط مستقیم با میزان فلزات موجود در آن ماده

دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم وزن شدند. قبل از کالبد شکافی و آماده‌سازی، نمونه‌های ماهی با آب مقطر شست و شو داده شدند تا پوشش لزوج و ذرات خارجی جذب کننده فلزات از سطح بدن دفع گردد. سپس ۴۰ نمونه بافت (۲۰ نمونه عضله و ۲۰ نمونه پوست) توسط تیغه اسکالپل عاری از آلودگی به دقت از بدن ماهی‌ها جدا شد و درون ورقه‌های پلاستیکی عاری از آلودگی قرار داده شد. نمونه‌های بافت کدگذاری شده و تا زمان شروع آنالیز در دمای منهای ۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. به منظور آماده‌سازی برای قرائت توسط دستگاه جذب اتمی، ابتدا مقدار یک گرم از بافت‌های عضله و پوست هر یک از ماهی‌ها را به دقت وزن نموده (وزن‌تر) و در ارلن مایر ۵۰ میلی‌لیتر قرار داده شدند. ۴/۵ میلی‌لیتر اسید نیتریک (۶۵ درصد) به هر نمونه اضافه گردید. نمونه‌ها در طول شب در آزمایشگاه قرار گرفتند (بدون حرارت دادن) تا به آهستگی هضم شوند. روز بعد ۱/۵ میلی‌لیتر اسید پر کلریک ۷۲ درصد به نمونه‌ها اضافه شد. سپس نمونه‌ها روی حمام شن (Hot plate) در دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶ ساعت قرار داده شدند تا کاملاً هضم شوند. پس از هضم، نمونه‌ها



تصویر شماره ۱: موقعیت جغرافیایی تالاب بین‌المللی میانکاله

جدول شماره ۳: تخمین جذب روزانه و هفتگی فلزات در اثر مصرف ماهی سفید مورد مطالعه توسط افراد مصرف کننده

فلز	PTWI ^a	PTDF ^b	EDF ^c	EWf ^d	RDF ^e	RDI ^f
Pb	^a ۲۵	۱۷۵۰	۲۵۰	۰/۸۷	۶/۰۹	-
Cd	^a ۷	۴۹۰	۷۰	۰/۱۳	۰/۹۱	-
Zn	^a ۷۰۰۰	۴۹۰۰۰۰	۷۰۰۰۰	۸/۹۲	۶۲/۴۴	۸
Cu	^a ۳۵۰۰	۲۴۵۰۰۰	۳۵۰۰۰	۱/۲۲	۸/۵۴	۰/۹

* میزان جذب مجاز قابل تحمل موقت هفتگی (PTWI) بر حسب میکروگرم در هفته به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن (۲۷).

** میزان مصرف روزانه ماهی توسط افراد مصرف کننده به ازای هر فرد ۲۱/۹۱ گرم در نظر گرفته شده است.

b=PTWI برای افراد بالغ با وزن متوسط ۷۰ کیلوگرم، بر حسب میکروگرم در هفته برای یک فرد ۷۰ کیلوگرمی (۲۷).

c=میزان جذب مجاز قابل تحمل روزانه موقت (PTDI)، بر حسب میکروگرم در روز برای یک فرد ۷۰ کیلوگرمی (۲۷).

d=تخمین جذب روزانه بر حسب میکروگرم در روز برای فرد ۷۰ کیلوگرمی

e=تخمین جذب هفتگی بر حسب میکروگرم در روز برای فرد ۷۰ کیلوگرمی

f=میزان توصیه شده جذب روزانه توسط مردان بر حسب میلی گرم در روز

g=میزان توصیه شده جذب روزانه توسط زنان بر حسب میلی گرم در روز

بحث

دریای خزر به عنوان بزرگ‌ترین پیکره آبی محصور دنیا، یکی از مهم‌ترین دریاچه‌های دنیا از نظر اکوسیستم آبی است. تالاب بین‌المللی میانکاله در قسمت جنوبی این دریاچه قرار گرفته است و به دلیل بسته بودن تالاب زمان ماندگاری آلاینده‌های مختلف، اعم از عناصر، فلزات، مواد مغذی حاصل از فاضلاب‌های کشاورزی و صنعتی بالا است. بنابراین زندگی موجودات وابسته آن از جمله انسان‌ها را با خطراتی مواجه می‌سازد. این مواد سمی بعد از ورود به دریا، وارد بدن ارگانیزم‌های ساکن در آن شده و علاوه بر ایجاد اختلال در اعمال زیستی آن‌ها، در نهایت با وارد شدن به بدن انسان سبب بیماری‌ها و نارسایی‌های خاص می‌شود (۱۰).

نتایج غلظت فلزات در بافت پوست و عضله سینه ماهی سفید نشان داد که به استثناء فلز مس که در بافت عضله بیش‌تر از پوست است میزان سایر فلزات در بافت پوست بیش‌تر از عضله سینه بود و این اختلاف معنی‌دار بوده است. بالا بودن میزان فلزات در بافت پوست نسبت

غذایی و همچنین میزان مصرف آن ماده غذایی دارد. برای تخمین میزان جذب روزانه فلزات از طریق مصرف گونه مورد مطالعه، ابتدا میزان هر کدام از فلزات کادمیوم، سرب، روی و مس در ماهی سفید نمونه‌برداری شده، تعیین گردید و سپس در میزان مصرف آن توسط مصرف کنندگان آن‌ها ضرب شد.

(۷۰ kg) وزن شخص بالغ / (g/day) مصرف روزانه
 $\times (\mu\text{g/g})$ غلظت فلز مورد نظر در ماهی = $(\mu\text{g/kg/day})$
 جذب روزانه) برای تعیین میزان جذب هفتگی، میزان جذب روزانه در تعداد روزهای هفته ضرب شد.

یافته‌ها

نتایج حاصل از بیومتری ماهی‌های سفید مورد مطالعه در جدول شماره ۱ نشان داده شده است. میزان فلزات سرب، کادمیوم، روی و مس در بافت عضله و پوست ماهی سفید مورد مطالعه در جدول شماره ۲ آورده شده است. میزان فلزات کادمیوم، سرب، روی و مس بین بافت‌های پوست و عضله تفاوت معنی‌دار داشت ($p < 0.05$).

جدول شماره ۱: نتایج حاصل از بیومتری ماهی سفید مورد مطالعه

متغیر	انحراف معیار \pm میانگین	حد اقل	حد اکثر
طول کل (سانتی‌متر)	43.59 ± 3.09	۴۰/۳	۴۸/۵
طول استاندارد (سانتی‌متر)	36.64 ± 2.44	۳۴	۴۰/۳
طول چنگالی (سانتی‌متر)	39.73 ± 2.45	۳۷/۵	۴۳/۴
وزن (گرم)	738.5 ± 155.17	۵۹۲	۹۸۰

جدول شماره ۲: میانگین میزان فلزات در بافت عضله و پوست ماهی سفید بر حسب میکروگرم بر گرم وزن

بافت	کادمیوم	سرب	روی	مس
عضله	0.39 ± 0.06	2.08 ± 0.21	16.52 ± 3.23	4.54 ± 1.10
پوست	0.48 ± 0.09	3.38 ± 0.38	4.55 ± 6.10	3.34 ± 0.92
میانگین کل	0.43 ± 0.09	2.73 ± 0.33	28.54 ± 13.21	3.94 ± 1.17

به منظور ارزیابی پتانسیل خطر مصرف گونه ماهی مورد مطالعه، محاسبات مربوط به میزان جذب روزانه و هفتگی برای یک انسان بالغ ۷۰ کیلوگرمی محاسبه شد و این میزان با میزان‌های استاندارد توصیه شده، مقایسه شد (جدول شماره ۳).

جدول شماره ۴: الگوی تجمع فلزات در بافت عضله در تعدادی از مطالعات انجام شده در نقاط مختلف جهان

مرجع	Pb	Cd	Cu	Zn	گونه
۲۱	۱/۱±۰/۱۰	۰/۳±۰/۰۳	۲/۸±۰/۲۲	۲۴/۹±۲/۱	Capoeta capoeta
۲۱	۱/۳±۰/۱۲	۰/۳±۰/۰۳	۱/۶±۰/۱۴	۳۲/۱±۳/۱	Cyprinus carpio
۲۱	۰/۷±۰/۰۶	۰/۲±۰/۰۱	۱/۳±۰/۱۳	۱۶/۷±۱/۴	Atherina boyeri
۲۱	۱/۱±۰/۰۹	۰/۱±۰/۰۱	۱/۲±۰/۱۲	۱۷/۵±۱/۶	Capoeta tinca
۱۷	۰/۱۴±۰/۰۰۵	< ۰/۰۰۱	۰/۰۹±۰/۰۱۴	۰/۴۵۶±۰/۰۹۸	Clarias gariepinus
۱۷	۰/۰۰۸±۰/۰۰۱	۰/۰۰۲±۰/۰۰۰	۰/۱۱±۰/۰۱۹	۰/۲۸۶±۰/۱۸	Carasobarbus luteus
۹۱۶	۰/۱۷۷±۰/۰۳	۰/۰۲۱±۰/۰۰۸	ND	۲۵±۴	C. carpio
۹۱۶	۰/۲۸۷±۰/۰۱	۰/۰۱۳±۰/۰۰۸	۱/۸۹۰±۰/۳۰۱	۱۳۰±۷	c. auratus
۹۱۶	۰/۱۷۹±۰/۰۴۶	۰/۰۰۳±۰/۰۰۳	۰/۳۳۱±۰/۰۷۲	۲۱±۲	h. molitrix
۹۱۶	۰/۱۷۷±۰/۰۳۱	۰/۰۰۴±۰/۰۰۳	۰/۲۲۸±۰/۰۸۸	۱۶±۲	A. nobilis
۹۱۹	۰/۸۸±۰/۳۹	۰/۰۲۱±۰/۰۰۵	۶/۶۶±۶/۶۶	۷/۰۱±۳/۰۹	Ctenopharyngodon idella
۹۱۹	۱/۱۸±۰/۰۸۰	۰/۰۱۹±۰/۰۰۱	۱/۰۰۲±۲/۲۰	۲/۸۶±۶/۹۰	Perca fluviatilis
مطالعه حاضر	۲/۰۸±۰/۲۱	۰/۳۹±۰/۰۶	۴/۵۴±۱/۱۰	۱۶/۵۲±۳/۲۳	Rutilus frisii kutum

ND= کم تر از حد قابل تشخیص دستگاه بر حسب وزن خشک

فلز روی به عنوان عنصری ضروری با بسیاری از مواد شیمیایی تعامل داشته و موجب تغییراتی در سوخت و ساز، سمیت و تجمع می شود روی می تواند از تجمع فلز مس در بافت حیوانات جلوگیری کرده و بنابراین مانع از اثرات سمی آن شود که این مورد می تواند دلیلی بر پایین بودن غلظت فلز مس نسبت به روی باشد. بالاتر بودن فلز روی نسبت به فلز مس می تواند به دلیل نقش مهم آن نیز باشد چون روی در اکثر آنزیم ها حضور داشته در حالی که برای فلز مس این مورد صدق نمی کند. از طرفی میزان دفع روی نسبت به میزان تجمع زیستی آن، بسیار آهسته می باشد که این باعث انباشتگی فلز روی در بدن موجودات آبی می شود (۲۰).

مقایسه میانگین غلظت فلزات به دست آمده با استانداردهای جهانی (U.K(MAFF), FAO, WHO), (Australia و NewZealand, NHMRC) نشان داد که غلظت کادمیوم و سرب از استانداردهای بین المللی بالاتر می باشد. بالاتر بودن میزان کادمیوم و سرب از برخی استانداردهای موجود می تواند به عنوان یک هشدار در نظر گرفته شود. غلظت نسبتاً بالای کادمیوم را می توان به یکی از مهم ترین منابع آلوده کننده تالاب، یعنی پساب های کشاورزی نسبت داد. در واقع استفاده گسترده از کودهای فسفاته در امر کشاورزی طی سالیان اخیر می تواند نقش مؤثری در افزایش این آلاینده در

به بافت عضله توسط تعدادی از محققین دیگر نیز گزارش شده است. دوبرادران و همکاران (۲۰۱۰) در تحقیقی که روی غلظت فلزات سنگین در بافت های دو گونه ماهی بندر بوشهر انجام دادند، میزان غلظت کادمیوم و سرب را در بافت پوست بیش تر از بافت عضله گزارش کردند (۱۱). در تحقیقی دیگر که پورمقدس و شهریاری (۲۰۱۰) روی میزان فلزات در بافت خوراکی ماهیان مصرفی شهر اصفهان انجام دادند، اعلام نمودند که میزان غلظت کادمیوم در پوست ماهی کپور و میزان غلظت سرب در پوست ماهی سرخو بیش تر از عضله می باشد (۱۲). حذف فلزات از طریق آبشش ها، مجاری صفراوی (روده) و ترشح موکوس رخ می دهد. فلزات اتصال یافته به پروتئین ها از طریق پوست، آبشش و روده با ترشح موکوس به طور مستمر دفع می شود. دفع فلزات از طریق پوست موکوس را در گیر می کند. این ماده پروتئینی دائماً توسط پوست ترشح می شود. تحقیقات نشان داده است که بخش عمده ای از فلزات تزریق شده به ماهی در مرحله بعد در موکوس آن دیده شده است (۱۳).

نتایج میانگین غلظت فلزات مورد مطالعه در بافت خوراکی ماهی سفید به صورت روی < مس < سرب < کادمیوم به دست آمد. همچنین نتایج نشان داد میانگین غلظت عناصر ضروری روی و مس از عناصر سمی و غیر ضروری کادمیوم و سرب بالاتر بوده است که این مورد با نتایج تحقیقات (Pourang and Amini, 2001؛ Usero et al, 2003؛ Chi et al, 2007؛ Turkmen and Baramaki et al, 2007؛ Jessica et al, 2007؛ Ciminli, 2007؛ al, 2012) مطابقت دارد (۱۹-۱۴) (جدول شماره ۴). بالاتر بودن غلظت فلزات ضروری نسبت به فلزات غیر ضروری و سمی می تواند به دلیل نقش مهم فلزات ضروری در فرآیندهای آنزیمی، تنفسی و فرآیندهای متابولیسمی حیوانات آبی باشد. بنابراین تنظیم عناصر ضروری نسبت به عناصر غیر ضروری موثر تر می باشد.

آب، رسوبات و در نهایت آبریزان این تالاب داشته باشد (۲۲). آلودگی سرب نیز در محیط‌های دریایی و تالابی به سبب نزولات جوی، پوکه فشننگ ناشی از فعالیت‌های شکارچیان، روغن‌های مستعمل و سوخت‌های قایق‌های موتوری، صنایع آبکاری و تجهیزات الکترونیکی، تخلیه فاضلاب‌های صنعتی و رهاسازی سرب از رنگ بدنه کشتی‌ها و قایق موتوری‌ها است (۲۳).

جدول شماره ۵: مقایسه غلظت فلزات در بافت خوراکی ماهی با استانداردهای موجود بر حسب میکروگرم بر گرم وزن تر.

مرجع	روی	سرب	کادمیوم	مس	استانداردها
۹	۵۰	۲	۰/۳	۲۰	FAO ^۱
۲۳	۱۰۰۰	۰/۳	۰/۲	۱۰	WHO ^۲
۲۴	۵۰	۲	۰/۲	۲۰	U.K (MAFF) ^۳
۲۴	۱۵۰	۱/۵	۰/۰۵	۱۰	NHMRC ^۴
۲۵	۴۰	-	۱	۳۰	New Zealand
۲۶	۱۰۰۰-۴۰	-	۰/۲-۵/۵	۱۰-۷۰	Australia
-	۲۸/۵۳	۲/۸	۰/۴۳	۳/۹	مطالعه حاضر

^۱FAO (Food and Agriculture Organization),

^۲WHO (World Health Organization),

^۳U.K (MAFF) (Ministry of Agriculture Fisheries and Food),

^۴NHMRC (Australian National Health and Medical Research Council)

یک جنبه مهم در ارزیابی خطرات مواد شیمیایی موجود در غذا دانستن میزان جذب این مواد شیمیایی مضر توسط بدن و نگه داشتن آن در یک حاشیه امنیت می‌باشد. میزان جذب روزانه فلزات در اثر مصرف غذا ارتباط مستقیم با میزان فلزات موجود در آن ماده غذایی و هم‌چنین میزان مصرف آن ماده غذایی دارد. مقایسه میزان جذب روزانه و هفتگی فلزات با میزان مجاز ارائه شده توسط سازمان بهداشت جهانی و فائو، نشان می‌دهد که میزان جذب شده پایین‌تر از حداکثر میزان قابل قبول مجاز توسط این سازمان‌ها می‌باشد. بیش از ۹۰ درصد فلزات از طریق غذا وارد بدن انسان می‌شوند (۲۹).

ذکر این نکته بسیار ضروری به‌نظر می‌رسد که در این مطالعه تنها میزان ورود فلزات سنگین به بدن مصرف‌کنندگان در اثر مصرف یک نوع ماده غذایی در نظر گرفته شده است، از آنجایی که افراد در طول روز

از چندین نوع ماده غذایی استفاده می‌کنند، نیاز است که مطالعات روی مواد دیگر نیز صورت گیرد. طبق نتایج به‌دست آمده این گونه به‌نظر می‌رسد که مصرف ماهی سفید با میزان کنونی ضرری ندارد در مطالعه ای مشابه نصرا... زاده سراوی و همکاران (۱۳۹۲)، میزان ریسک غذایی فلزات کادمیوم، سرب، روی، مس و جیوه را در ماهی کپور دریای مازندران پایین‌تر از حداکثر میزان قابل قبول اجازه داده شده اعلام کردند (۳۰). در مطالعه دیگری حسن‌پور و همکاران (۱۳۹۲)، میزان جذب روزانه و هفتگی فلزات سلیسیم و وانادیوم را در کیلکای معمولی دریای مازندران مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که میزان جذب پایین‌تر از حداکثر میزان قابل قبول اجازه داده شده توسط سازمان بهداشت جهانی و فائو بوده است (۳۱).

با توجه به این که غلظت کادمیوم و سرب در این مطالعه بالاتر از استانداردهای بین‌المللی به‌دست آمد ضرورت دارد بر منابع تولید کننده این فلزات در حوضه‌های اطراف این تالاب و رودخانه‌های ورودی آن نظارت بیش‌تری صورت گیرد و با توجه به این که منابع اصلی ورود کادمیوم و سرب به محیط‌های آبی پساب‌های کشاورزی، فاضلاب صنایع و فعالیت‌های شکارچیان است بنابراین مدیریت مصرف پساب‌های کشاورزی و صنایع و هم‌چنین تحت نظارت بیش‌تر قرار گرفتن شکارچیان می‌تواند نقش عمده ای در کنترل بار آلودگی این فلزات به تالاب داشته باشد.

سپاسگزاری

بدین وسیله مراتب تشکر و قدردانی از اداره کل شیلات و محیط زیست استان مازندران و تمامی عزیزانی که در انجام این تحقیق ما را یاری نمودند به‌عمل می‌آید.

References

1. Kamrine MA, Pesticide Profiles, Toxicity, Environmental Impact and Fate. CRC publisher, 2000.
2. Esmaeeli A, Pollution health and environmental standards. Publications of Naghshe Mehr; 2002. p. 737 (Persian).
3. Canli M, Atli G. The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. Environ Pollut 2003; 121: 129-136.
4. Agha H, Leermakers M, Elskens M, Fatemi MR, Baeyens W. Accumulation of trace metals in muscle and liver tissues of five fish species from the Persian Gulf. Environ Monit Assess 2009; 157: 499-514.
5. Palaniappan PLRM, Karthikeyan S. Bioaccumulation and depuration of chromium in the selected organs and whole body tissues of freshwater fish *Cirrhinus mrigala* individually and in binary solutions with nickel. J Environ Sci 2009; 21: 229-236.
6. Jabeen F, Chaudhry AS, Monitoring trace metals in different tissues of *Cyprinus carpio* from the Indus River in Pakistan. Environ Monit Assess 2010; 170: 645-656.
7. Turan C, Dural M, Oksuz A. Levels of Heavy Metals in some commercial fish species captured from the Black Sea and Mediterranean Coast of Turkey. Bull Environ Contam Toxicol 2009; 82: 601-606.
8. Kuznetova AI, Zarubina OV, Leonova GA. Comparison of Zn, Cu, Pb, Ni, Cr, Sn, Mo concentration in tissues of fish (Roach and perch) from lake Baikal and Bratsk reservoir, Russia. Environ Geochem Health 2002; 24: 205-213.
9. FAO. 1983. Compilation of legal limits for hazardous substance in fish and fishery products (Food and Agricultural Organization). FAO fishery circular, No. 464, pp. 5-100.
10. Burrows IG, Whitton BA. Heavy metals in water, sediments and invertebrates from a metal contaminated river free of organic pollution. Hydrobiologia 1983; 106(3): 263-273.
11. Dobaradaran S, Naddafi K, Nazmara S, Ghaedi H. Heavy metals (Cd, Cu, Ni and Pb) content in two fish species of Persian Gulf in Bushehr Port, Iran. Afr J Biotechnol 2010; 9(37): 6191-6193.
12. Pourmoghaddas H, Shahryari A. The concentration of lead, chromium, cadmium, nickel and mercury in three species of consuming fishes of Isfahan city. J Health System Res 2010; 6(1): 30-36 (Persian).
13. Varanasi U, Markey D. Uptake and release of lead and cadmium in skin and mucous of Coho Salmon (*Oncorhynchus kisutch*). Comp Biochem Phys 1978; 60: 187-192.
14. Pourang N, Amini G. Distribution of trace elements in tissues of two shrimp species from Persian Gulf and effects of storage temperature on elements transportation. Water Air Soil Poll 2001; 129: 229-243.
15. Usero J, Izquierdo C, Morillo J, Gracia J. Heavy metals in fish (*Solea vulgaris*, *Anguilla anguilla* and *Liza aurata*) from salt marshes on the southern Atlantic coast of Spain. Environ Inter 2003; 29: 949-956.
16. Chi Q, Zhu G, Alan L. Bioaccumulation of heavy metals in fishes from Taihu Lake, China. Environ Sci 2007; 19: 1500-1504.
17. Turkmen M, Ciminli C. Determination of metals in fish and mussel species by inductively coupled plasma-atomic emission

- spectrometry. Food Chem 2007; 103: 670-675.
18. Jessica K, Potier M, Corre ML, Richard P, Cosson, Bustamante P. Bioaccumulation of trace elements in pelagic fish from the Western Indian Ocean. Environ Pollut 2007; 146: 548-566.
19. Baramaki Yazdi R, Ebrahimpour M, Mansouri B, Rezaei MR, Babaei H. Contamination of Metals in Tissues of *Ctenopharyngodon idella* and *Perca fluviatilis*, from Anzali Wetland, Iran. Bull Environ Contam Toxicol 2012; 89: 831-835.
20. Tekin-Ozan S, Kiv I. Comparative study on the accumulation of heavy metals in different organs of tench (*Tinca tinca* L. 1758) and plerocercoids of its endoparasite *Ligula intestinalis*. Parasitol Res 2005; 97: 156-159.
21. Mendil D, Uluozlu O.D, Hasdemir E, Tuzen M, Sari H, Suicmez M. Determination of trace metal levels in seven fish species in lakes in Tokat, Turkey. Food Chem. 2004; 90: 175-179.
22. Rahimi E, Raeisi M. Determination of lead and cadmium residual in meat of fishes caught from Choghakhor Lagoon in Chaharmahal and Bakhtiary Province. Iranian J Vet Res 2009; 4(21): 79-83 (Persian).
23. Tabari S, Saeedi Saravi SS, Bandani GH, Dehghan A, Shokrzade M. Heavy metals (Zn, Pb, Cd and Cr) in fish, Water and sediment sampled from Southern Caspian Sea, Iran. Toxicol Ind Health 2010; 26(10): 649-656 (Persian).
24. Maher WA, Trace metal concentrations in marine organisms from St. Vincent Gulf, South Australia. Water Air Soil Pollut 1986; 29: 77-84.
25. Darmono D, Denton GRW, Heavy metal concentrations in the banana prawn, *Penaeus merguensis*, and leader prawn, *P. monodon*, in the Townsville Region of Australia. Bull Environ Contam Toxicol 1990; 44: 479-486.
26. Radojevi M, Bashkin VN. Practical Environmental Analysis, the Royal Society of Chemistry. UK 1999. p. 466.
27. Pourang N, Dennis JH, Ghourchian H. Distribution of heavy metals in *Penaeus semisulcatus* from Persian Gulf and possible role of metallothionein in their redistribution during storage. Environ Monit Assess 2005; 100: 71-88.
28. Turkmen M, Turkmen A, Tepe Y, Tore Y, Ates A, Determination of metals in fish species from Aegean and Mediterranean seas. Food Chem 2009; 113: 233-237.
29. Bin C, Xiaoru W, Lee FSC. Pyrolysis coupled with atomic absorption spectrometry for the determination of mercury in Chinese medical materials. Analytica Chimica Acta 2001; 447: 161-169.
30. Nasrollahzadeh Saravi H, Pourgholam R, Pourang N, Rezaei M, Makhloogh A, Unesipour H. Heavy Metal Concentrations in Edible Tissue of *Cyprinus Carpio* and Its Target Hazard Quotients in the Southern Iranian Caspian Sea Coast, (2010). J Mazand Univ Med Sci 2013; 23(103): 34-45 (Persian).
31. Hassanpour M, Sinka Karimi MH, Karimi GH, Rajaei GH, Khosravi M. Determination of metals in muscle tissue of *Clupeonella cultiventris caspia* and human health risks. The third International Conference on Environmental Planning Management. Tehran University 29-30 Octobr 2013.